不同油脂对肉仔鸡生长性能、屠宰性能和肉品质的影响[1]

张亚男　齐　博　张海军*　王　晶　武书庚*　齐广海

（中国农业科学院饲料研究所，农业部饲料生物技术重点开放实验室，北京 100081）

摘　要：本试验旨在研究饲粮中添加不同油脂对肉仔鸡生长性能、屠宰性能、肉品质以及血浆脂质代谢的影响。选取健康的 1 日龄爱拔益加肉仔鸡公雏 360 只，随机分成 4 个组，分别采食含有豆油（SO，对照）、鸡油（CO）、亚麻油（LO）和鱼油（FO）的饲粮，油脂添加水平前期（1~21 日龄）为 3.0%，后期（22~42 日龄）为 3.5%。结果表明：1）FO 组肉仔鸡 42 日龄体重（BW）、后期和全期的平均日增重（ADG）显著低于 SO 和 CO 组（P<0.05）。2）与 SO 组相比，21 日龄时 CO 组的胸肌率显著降低（P<0.05），42 日龄时 FO 组的胸肌率显著降低（P<0.05）。3）与 SO 组相比，CO 和 FO 组的滴水损失显著增加（P<0.05）；CO 和 LO 组胸肌肌肉的 $pH_{45\ min}$ 和 ΔpH 显著增加（P<0.05）；CO 组屠宰后 45 min 亮度（$L^*_{45\ min}$）值显著增加（P<0.05），FO 组 $L^*_{45\ min}$ 和 $L^*_{24\ h}$ 值显著降低（P<0.05）；LO 和 FO 组屠宰后 45 min 红度（$a^*_{45\ min}$）值显著增加（P<0.05），CO 组 $a^*_{24\ h}$ 值显著降低（P<0.05）；CO 和 LO 组屠宰后 45 min 黄度（$b^*_{45\ min}$）和 $b^*_{24\ h}$ 值显著增加（P<0.05），FO 组 $b^*_{24\ h}$ 值显著增加（P<0.05）。4）与 CO 组相比，LO 组 21 和 42 日龄血浆总胆固醇含量显著降低（P<0.05）；与 SO 组相比，42 日龄 LO 组甘油三酯、低密度脂蛋白胆固醇含量显著降低（P<0.05）；与 SO 组相比，CO 组 42 日龄高密度脂蛋白胆固醇含量显著增加（P<0.05）。可见，与 SO 相比，CO 不影响肉仔鸡生长性能，可致肉色变差和滴水损失增加；FO 降低了肉仔鸡的生长性能，可改善肉色，但肌肉滴水损失增加；LO 不影响肉仔鸡生长性能，可调节血浆脂质代谢，并改善肉色。

关键词：油脂；生长性能；肉品质；肉仔鸡

收稿日期：2015-07-17
基金项目：家禽产业技术体系北京市创新团队项目（CARS-PSTP）；国家科技支撑计划（2011BAD26B04）
作者简介：张亚男（1988-），女，山东德州人，博士研究生，从事单胃动物营养研究。E-mail：zyn3299@126.com
*通信作者：张海军，副研究员，硕士生导师，E-mail： fowlfeed@163.com；武书庚，副研究员，硕士生导师，E-mail： wushugeng@caas.cn

中图分类号：S831.5　　　　文献标识码：　　　　　　文章编号：

随着现代育种的进展，肉鸡生长速度加快，需要的营养物质浓度越来越高，饲粮中添加油脂，已成为促进动物生长和提高饲料转化效率的有效手段。油脂因适口性好、提供必需脂肪酸、促进营养素消化吸收、减少粉尘等，广泛用于饲料中。饲用油脂有动物源和植物源，前者饱和脂肪酸（SFA）含量多，后者不饱和脂肪酸（UFA）较多，因 UFA 更易吸收且代谢能值高，脂肪的利用率高[1]，常用于幼龄等经济价值高的动物。此外，近来价格相对低廉的牛油、鸡油（chicken oil，CO）、猪油等也成为常用油脂，但关于 CO 在肉鸡生产中的研究较少。

根据双键个数，可将 UFA 分为单不饱和脂肪酸（MUFA）和多不饱和脂肪酸（PUFA），PUFA 又包括 n-6 和 n-3 等系列，其中 n-6 PUFA 包括亚油酸、花生四烯酸等，n-3 PUFA 包括亚麻酸、二十碳五烯酸（EPA）和二十二碳六烯酸（DHA）等。n-3 PUFA 与心血管等疾病密切相关，系机体必须，且本身不能合成，须由饲粮供给[2]，目前关于肉鸡饲粮中添加富含 n-3 PUFA 油脂的研究较多，多集中于沉积规律，而对肌肉的外观品质、肉色等影响的研究较少。PUFA 对肉品质具有负面影响，使脂肪变得松软、易氧化[3]，但也有研究表明不同饱和度的油脂构成的饲粮，对肉鸡的肌肉韧度，咀嚼性和风味均无显著影响[4]。饲粮添加 PUFA 可降低血浆甘油三酯（TG）和低密度脂蛋白胆固醇（LDL-C）含量，提高高密度脂蛋白胆固醇（HDL-C）含量[5]，但也有研究表明，鱼油（fish oil，FO）和豆油（soybean oil，SO）不影响鸡血浆的 TG 和 LDL-C 含量[6]。

SO 富含亚油酸（55.55%），亚麻籽油富含亚麻酸（55.84%），FO 富含 EPA 和 DHA，占总脂的 30%以上，CO 的 SFA 含量较高，如棕榈酸。因此，本试验以常用 SO 为对照组，研究饲粮分别添加 CO、亚麻油（linseed oil，LO）和 FO 对肉仔鸡的生长性能、屠宰性能、肌肉品质和血浆脂质代谢的影响，以期为油脂在肉鸡生产上的应用提供支撑。

1　材料与方法

1.1 试验材料

CO：购自华都肉鸡公司；SO、LO 和 FO：均由超市购买；油脂理化指标和脂肪酸的组成见表 1。

表1　油脂理化指标及脂肪酸组成

Table 1　Characteristics and the fatty acids of different oils

项目 Items	豆油 SO	鸡油 CO	亚麻油 LO	鱼油 FO
极性组分 Polar compounds/(×10 g/kg)	7.52	3.52	17.00	8.92
酸价 Acid value/(mg KOH/g)	0.041	1.100	2.100	0.860
过氧化值 Peroxide value/(mmol/kg)	0.84	3.4	2.8	4.3
碘值 Iodine value/(×10 g/kg)	134	80	178	174
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	12.5	19.2	10.3	13.8
C12:0/%	0.00	0.00	0.01	0.15
C14:0/%	0.01	1.48	0.06	5.07
C16:0/%	11.18	40.86	6.76	15.80
C16:1/%	0.01	9.90	0.10	6.56
C18:0/%	4.43	16.98	4.70	5.71
C18:1/%	22.33	2.88	0.84	17.37
C18:2/%	51.49	17.28	19.73	3.44
C18:3/%	6.90	0.31	62.62	0.24
C20:0/%	0.35	0.30	0.28	0.37
C20:1/%	0.02	0.98	1.36	3.46
C20:2/%	0.00	0.30	0.03	0.27
C20:4/%	0.15	0.45	0.01	1.92

C20:5/%	0.01	1.80	0.01	15.28
C22:6/%	0.01	1.78	0.01	16.05
C22:0/%	0.01	0.02	0.22	0.32
C22:1/%	0.01	0.01	2.46	1.23
C24:0/%	0.00	0.01	0.14	0.86
饱和脂肪酸 SFA[2]/%	15.98	59.65	12.17	28.28
单不饱和脂肪酸 MUFA[3]/%	22.37	13.77	4.76	28.62
多不饱和脂肪酸 PUFA[4]/%	58.56	21.92	82.41	37.20

数据均为实测值 Values were all measured values。饱和脂肪酸 SFA=C12:0+C14:0+C16:0+C18:0+C20:0+C22:0+C24:0；单不饱和脂肪酸 MUFA=C16:1+C18:1+C20:1+C22:1；多不饱和脂肪酸 PUFA=C18:2+C18:3+C20:2+C20:4+C20:5+C22:6。

1.2 试验设计及饲粮

采用单因子试验设计，从 1 日龄爱拔益加（AA）雄性雏鸡中选取 360 只平均体重（BW）约 44.03 g 的肉仔鸡，随机分成 4 组，分别采食含有 SO、CO、LO 和 FO 的饲粮，1~21 日龄油脂添加水平为 3.0%，22~42 日龄为 3.5%。每组 6 个重复，每个重复 15 只鸡。采用 4 层立体网上养殖。试验饲粮参照 NRC（1994）和《鸡饲养标准》（NY/T 33-2004），结合《AA 肉仔鸡饲养手册》配制，试验饲粮组成及营养水平见表 2。

表 2 试验饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 2 Composition and nutrient levels of the experimental diets (air-dry basis) %

项目 Items	1~21 日龄 Aged from 1 to 21 days	22~42 日龄 Aged from 1 to 21 days
原料 Ingredients		
玉米 Corn	56.37	63.48

豆粕 Soybean meal	36.55	29.24
油 Oil	3.00	3.50
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.24	0.72
石粉 Limestone	1.61	1.67
食盐 NaCl	0.35	0.35
DL-蛋氨酸 *DL*-Met	0.28	0.30
L-赖氨酸盐酸盐 *L*-Lys·HCl	0.19	0.27
L-苏氨酸 *L*-Thr	0.09	0.15
维生素预混料 Vitamin premix[1)]	0.02	0.02
矿物质预混料 Mineral premix[2)]	0.20	0.20
50%氯化胆碱 50% choline chloride	0.10	0.10
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels		
代谢能 ME/(MJ/kg)	12.55	12.97
粗蛋白质 CP	21.00	19.00
钙 Ca	1.00	0.90
有效磷 AP	0.35	0.25
赖氨酸 Lys	1.15	1.05
蛋氨酸 Met	0.55	0.48
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.81	0.78
苏氨酸 Thr	0.74	0.74
色氨酸 Trp	0.21	0.21

[1)] 维生素预混料为每千克饲粮提供 Vitamin premix provided the following per kg of the

diets：VA 12 500 IU，VD_3 2 500 IU，VE 15 IU，VK_3 2.65 mg，VB_1 2 mg，VB_2 6 mg，VB_{12} 0.025 mg，生物素 biotin 0.35 mg，叶酸 folic acid 1.25 mg，泛酸钙 calcium pantothenate 12 mg，烟酸 niacin 50 mg.

2) 矿物质预混料为每千克饲粮提供 Mineral premix provided the following per kg of the diets：Cu (as copper suloile) 8 mg，Zn (as zinc suloile) 75 mg，Fe (as ferrous suloile) 80 mg，Mn (as manganese suloile) 100 mg，Se (as sodium selenite) 0.15 mg，I (as potassium iodide) 0.35 mg.

1.3 饲养管理

试验期间自由饮食、饮水，24 h 光照。试验前 3 d 室温 33 ℃，此后每周降低 2 ℃，直到 24 ℃并维持。按照 AA 肉仔鸡饲养管理指南操作，正常防疫和消毒，试验鸡舍良好通风。试验过程中，每日 24 h 制记录鸡舍温度和湿度，清扫卫生，记录死淘鸡数。

1.4 指标测定与方法

1.4.1 样品采集与制备

分别于 1、21 和 42 日龄，以重复为单位称重鸡只及余料，计算平均 BW、平均日增重（ADG）、平均日采食量（ADFI）、料重比（F/G）和死亡率。

分别于 21 和 42 日龄，每重复随机选取一只 BW 接近该重复平均值的肉仔鸡，翅静脉采血 4 mL，抗凝管存放，自然析出血浆，3 000 r/min 离心 10 min，上清液分装于 0.5 mL Eppendorf 管，-20 ℃保存。屠宰，分离得全净膛、胸肌、腿肌和腹脂并称重，按照全国家禽育种委员会的《家禽生产性能计算方法》计算全净膛率、胸肌率、腿肌率和腹脂率。

于 42 日龄末，放血致死后的肉仔鸡完全剥离右侧胸肌，称重，测定肌肉 pH、肉色、滴水损失、蒸煮损失和剪切力。

1.4.2 测定方法

pH 测定：分别于屠宰后 45 min 和 24 h（4 ℃存放），利用 pH 计（CyberScan pH310 防

水笔型，EUTECH 公司，新加坡），将探针刺入待测胸肌约 1 cm 深处，测定 pH，计为 $pH_{45\ min}$ 和 $pH_{24\ h}$，计算 pH 的下降值（ΔpH）。测定时，电极头完全包埋在肉样中，每个样品测定 3 次，取其平均值。

肉色测定：分别于屠宰后 45 min 和 24 h（4 ℃存放）测定。采用 CIE-Lab 评分，用 WSC-S 型测色色差计（上海精密科学仪器有限公司，上海）测定待测胸肌的亮度（L^*）、红度（a^*）和黄度（b^*）值。每个样品测定 3 次，取平均值。

滴水损失：屠宰后 45 min 内，称取剪切纹理相似、形状规则的胸肌约 30 g，称重（W_1），放置于自封袋中，充入氮气使之膨胀，减少肉样与自封袋内壁的接触，用尼龙绳悬吊于 4℃ 冰箱内，宰后 24 h 时，取出肉样用滤纸轻轻拭干表面水分再称重（W_2）。滴水损失（%）=[（W_1-W_2）/W_1]×100。

蒸煮损失：测定 24 h 滴水损失后的肉样，重新置于新自封袋中，务必使肉样表面与塑料袋紧贴。将装有肉样的自封袋放入 80 ℃水浴中，加热至样品中心的温度达 75 ℃，取出，流水冷却至室温。打开自封袋用滤纸轻拭肉样表面的水分后称重（W_3）。蒸煮损失（%）=[（W_2-W_3）/W_2]×100。

剪切力：将测完蒸煮损失的肉样，按肌纤维走向修成 2 块长宽高分别为 2 cm×2 cm×1 cm 的条形肉样，测定过程中肌纤维走向与刀口垂直。采用 TMS-Pro 嫩度分析仪（弗吉尼亚食品技术有限公司，美国），参数设置为传感器最大负荷 100 N，垂直位移速度 150 mm/min，跨度 6 mm。每个肉样测试 3 次，取 2 块肉样的 6 次测定值的平均值为最终剪切力。

血浆脂质代谢指标：TG、总胆固醇（TC）、HDL-C 及 LDL-C 含量，采用上海科华生物技术有限公司生产的试剂盒，在 KHB 卓越 310 型半自动生化分析仪上测定。

1.5 数据处理

数据以平均值±标准差表示。采用 SPSS（16.0）软件的 one way ANOVA 对 4 个组先进行方差检验，再进行 F 检验和 Duncan 氏法多重比较，以 $P<0.05$ 为差异显著。

2　结　果

2.1　不同油脂对肉仔鸡生长性能的影响

由表 3 可知，21 日龄时，各组间 BW 无显著差异（$P>0.05$）；42 日龄时，与 SO 组相比，FO 组 BW 显著降低（$P<0.05$），CO 与 LO 组 BW 均无显著差异（$P>0.05$），且 FO 组 BW 显著低于 CO 组（$P<0.05$）。

1~21 日龄，各组间 ADG 无显著差异（$P>0.05$），但 22~42 日龄和 1~42 日龄，与 SO 组相比，FO 组 ADG 显著降低（$P<0.05$），CO 与 LO 组均无显著差异（$P>0.05$），且 FO 组显著低于 CO 组（$P<0.05$）。

各组肉仔鸡的 ADFI 在 1~21 日龄、22~42 日龄和 1~42 日龄无显著差异（$P>0.05$），但在 22~42 日龄（$P=0.062$）和 1~42 日龄（$P=0.087$）有变化的趋势，SO 组 ADFI 最高，FO 组最低，CO 组和 LO 组居中。

各组的料重比及死亡率在各生长期均无显著差异（$P>0.05$）。

表 3　不同油脂对肉仔鸡生长性能的影响

Table 3　Effects of dietary supplementation with different oils on growth performance in broilers

项目 Items	豆油 SO	鸡油 CO	亚麻油 LO	鱼油 FO	*P*-值 *P*-value
21 日龄体重 BW of 21 days of age/g	913.00±44.20	925.60±43.21	875.56±59.22	873.67±45.18	0.302
42 日龄体重 BW of 42 days of age/g	2 598.07±90.25^{a}	2 632.59±88.81^{a}	2 535.60±120.48^{ab}	2 414.47±135.21^{b}	0.020
1~21 日龄 Aged from 1 to 21 days					
平均日增重 ADG/g	40.51±1.82	41.54±2.07	38.76±3.89	39.23±2.32	0.317
平均日采食量 ADFI/g	53.77±2.31	54.69±2.47	52.92±5.42	52.62±2.28	0.740
料重比 F/G	1.33±0.03	1.32±0.02	1.37±0.05	1.34±0.03	0.126

死亡率 Mortality/%	6.82±4.55	4.55±7.61	6.06±7.42	3.03±4.69	0.781
22~42 日龄 Aged from 1 to 21 days					
平均日增重 ADG/g	79.62±3.32^{a}	81.22±5.59^{a}	78.91±6.23^{a}	71.46±5.53^{b}	0.031
平均日采食量 ADFI/g	154.99±7.77	148.21±7.19	142.26±13.67	135.52±12.21	0.062
料重比 F/G	1.95±0.09	1.83±0.12	1.81±0.18	1.91±0.25	0.561
死亡率 Mortality/%	2.78±5.56	0.00±0.00	1.67±4.08	5.00±8.37	0.461
1~42 日龄 Aged from 1 to 21 days					
平均日增重 ADG/g	58.59±1.83^{a}	60.06±2.38^{a}	57.35±2.93^{ab}	54.23±2.75^{b}	0.008
平均日采食量 ADFI/g	100.48±4.47	98.36±4.27	94.24±7.41	91.22±6.33	0.087
料重比 F/G	1.72±0.05	1.64±0.06	1.64±0.09	1.69±0.14	0.575
死亡率 Mortality/%	9.09±7.42	4.55±7.61	7.58±6.84	7.58±6.84	0.772

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著（*P*>0.05），不同字母表示差异显著（*P*<0.05）。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05), while with different letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05). The same as below.

2.2 不同油脂对肉仔鸡屠宰性能的影响

由表 4 可知，各组除肉仔鸡的胸肌率差异显著（*P*<0.05），其他屠宰性能指标均未见显著变化（*P*>0.05）；与 SO 组相比，21 日龄时 CO 组的胸肌率显著降低（*P*<0.05），42 日龄时 FO 组的胸肌率显著降低（*P*<0.05）。

表 4 不同油脂对肉仔鸡屠宰性能的影响

Table 4 Effects of different oils on carcass quality in broilers %

项目 Items	日龄 Days of age	豆油 SO	鸡油 CO	亚麻油 LO	鱼油 FO	*P*-值 *P*-value
全净膛率 Dressing	21	70.73±1.80	70.07±3.08	70.95±2.13	69.50±2.87	0.822
percentage	42	73.04±1.27	72.95±0.77	73.77±2.75	73.15±2.18	0.891

胸肌率 Breast	21	21.64±0.87[a]	19.47±0.72[b]	20.56±1.80[ab]	21.99±1.41[a]	0.021
muscle rate	42	25.89±0.80[a]	26.28±1.91[a]	24.88±1.36[a]	21.93±2.10[b]	0.002
腿肌率 Leg muscle	21	17.84±0.77	17.93±1.72	17.78±1.05	18.24±0.85	0.909
rate	42	20.64±1.91	19.20±1.61	20.31±1.38	19.25±1.03	0.302
腹脂率 Abdominal	21	1.47±0.23	1.43±0.25	1.34±0.13	1.48±0.23	0.665
fat	42	1.92±0.27	1.89±0.18	1.94±0.30	1.89±0.59	0.996

2.3 不同油脂对肉仔鸡肌肉品质的影响

由表 5 可知，与 SO 组相比，CO 和 FO 组的滴水损失均显著增加（P<0.05）；各组肌肉的蒸煮损失和剪切力无显著差异（P>0.05）；各组胸肌肌肉的 $pH_{45\ min}$ 和 ΔpH 差异显著（P<0.05），CO 和 LO 组显著高于 SO 组（P<0.05）；与 SO 组相比，CO 组胸肌肌肉 $L^*_{45\ min}$ 值显著增加（P<0.05），FO 组显著降低（P<0.05），LO 组无显著差异（P<0.05），放置 24 h 后，仅 FO 组肌肉的 $L^*_{24\ h}$ 值显著降低（P<0.05）；与 SO 组相比，胸肌肌肉 $a^*_{45\ min}$ 值在 LO 和 FO 组显著增加（P<0.05），CO 组无显著差异（P>0.05），放置 24 h 后，$a^*_{24\ h}$ 值仅 CO 组显著降低（P<0.05）；与 SO 组相比，肌肉 $b^*_{45\ min}$ 值在 CO 和 LO 组显著增加（P<0.05），$b^*_{24\ h}$ 值在 CO、LO 和 FO 组均显著增加（P<0.05）。

表 5 不同油脂对肉仔鸡胸肌肉品质的影响

Table 5 Effects of different oils on meat quality of breast muscle in broilers

项目 Items	豆油 SO	鸡油 CO	亚麻油 LO	鱼油 FO	P 值 P-value
滴水损失 Drip loss/%	2.34±0.52[b]	4.28±1.57[a]	3.11±0.93[ab]	3.78±0.73[a]	0.043
蒸煮损失 Cooking loss/%	21.98±2.09	21.63±2.19	19.82±2.39	21.43±2.28	0.400
剪切力 Shear value/N	58.21±6.53	57.02±4.00	56.91±6.88	61.94±6.36	0.466
$pH_{45\ min}$	6.58±0.03[b]	6.69±0.07[a]	6.69±0.10[a]	6.60±0.03[ab]	0.029
$pH_{24\ h}$	5.99±0.07	5.86±0.03	5.97±0.13	5.93±0.14	0.199

ΔpH	0.57 ± 0.04^{b}	0.81 ± 0.09^{a}	0.78 ± 0.14^{a}	0.71 ± 0.14^{ab}	0.040
45 min 亮度 $L^{*}_{45\ min}$	47.64 ± 1.45^{b}	53.27 ± 1.76^{a}	45.31 ± 2.46^{bc}	44.39 ± 2.22^{c}	<0.001
45 min 红度 $a^{*}_{45\ min}$	6.66 ± 0.48^{b}	5.62 ± 0.96^{b}	8.37 ± 0.51^{a}	8.37 ± 0.87^{a}	<0.001
45 min 黄度 $b^{*}_{45\ min}$	14.41 ± 1.83^{b}	18.35 ± 0.82^{a}	18.29 ± 1.42^{a}	14.78 ± 0.63^{b}	<0.001
24 h 亮度 $L^{*}_{24\ h}$	57.47 ± 2.72^{a}	57.05 ± 2.13^{a}	54.03 ± 3.06^{ab}	51.08 ± 2.44^{b}	0.004
24 h 红度 $a^{*}_{24\ h}$	6.41 ± 0.19^{a}	4.31 ± 1.44^{b}	6.74 ± 0.49^{a}	6.61 ± 0.63^{a}	0.003
24 h 黄度 $b^{*}_{24\ h}$	13.19 ± 0.77^{c}	18.17 ± 1.96^{a}	16.96 ± 1.53^{ab}	15.20 ± 0.68^{b}	<0.001

2.4 不同油脂对肉仔鸡血浆脂质代谢指标的影响

由表 6 可知，与 CO 组相比，21 和 42 日龄血浆 TC 含量在 LO 组显著降低（$P<0.05$），在 SO 和 FO 组未见显著差异（$P>0.05$）；与 SO 组相比，42 日龄时血浆 TG 含量在 LO 组显著降低（$P<0.05$），在 CO 和 FO 组未见显著差异（$P>0.05$）；与 SO 组相比，42 日龄 HDL-C 含量在 CO 组显著增加（$P<0.05$），在 LO 和 FO 组无显著差异（$P>0.05$）；与 SO 组相比，42 日龄时，LO 组 LDL-C 含量显著降低（$P<0.05$），CO 和 FO 组均无显著差异（$P>0.05$）；21 日龄血浆 TG 和 LDL-C 含量在各组间均无显著差异（$P>0.05$）。

表 6 不同油脂对血浆脂质代谢指标的影响

Table 6 Effects of different oils on plasma lipid metabolism parameters in broilers

项目 Items	日龄 Days of age	豆油 SO	鸡油 CO	亚麻油 LO	鱼油 FO	*P* 值 *P*-value
总胆固醇 TC/(mmol/L)	21	2.80 ± 0.23^{ab}	3.09 ± 0.17^{a}	2.68 ± 0.23^{b}	2.76 ± 0.26^{ab}	0.049
	42	3.00 ± 0.40^{ab}	3.37 ± 0.47^{a}	2.37 ± 0.56^{b}	3.03 ± 0.20^{ab}	0.028
甘油三酯 TG/(mmol/L)	21	0.42±0.08	0.46±0.06	0.43±0.05	0.45±0.10	0.838
	42	0.64 ± 0.10^{a}	0.69 ± 0.07^{a}	0.50 ± 0.08^{b}	0.68 ± 0.12^{a}	0.013
高密度脂蛋白胆固醇	21	2.48 ± 0.42^{ab}	2.74 ± 0.05^{a}	2.42 ± 0.11^{ab}	2.17 ± 0.26^{b}	0.028

HDL-C/(mmol/L)	42	2.42±0.22[b]	2.87±0.12[a]	2.14±0.58[b]	2.33±0.12[b]	0.015
低密度脂蛋白胆固醇	21	0.44±0.07	0.44±0.07	0.41±0.08	0.44±0.07	0.869
LDL-C/(mmol/L)	42	0.48±0.13[a]	0.60±0.12[a]	0.28±0.01[b]	0.46±0.07[a]	0.002

3 讨　论

3.1　不同油脂对肉仔鸡生长性能的影响

本试验发现，FO 显著降低了肉仔鸡 42 日龄的 BW、22~42 日龄和 1~42 日龄的 ADG，生长速度显著低于 SO 组，可能与采食量降低有关。本试验中，FO 组肉仔鸡在 22~42 日龄和 1~42 日龄的采食量均较低，与 FO 腥味影响适口性有关；FO 不饱和程度高，贮存过程中易被氧化、酸败，致饲料品质下降，影响动物对其利用；研究表明 FO 降低了肉仔鸡[7]和大鼠[8]的 ADFI、ADG 和 BW，与本试验结果一致。此外，饲粮添加不同浓度（0、2.5%、3.0%、3.5%）的 FO 对肉仔鸡的生长性能影响不同，综合考虑采食量和饲料转化率，2.5%的 FO 添加量效果最佳[9]，而林媛媛[10]研究表明，饲粮添加 2%的 FO 较 SO 组的 ADG 和饲料转化效率显著下降，因此 FO 的使用应注意添加剂量。本试验中 CO 组的生长性能好于 SO 组，可能与 CO 中含有较高水平的棕榈酸有关，本试验用 CO 中含有 40.86%的棕榈酸。研究表明，添加以棕榈油为主的配比油脂，肉仔鸡试验前期的 ADG 和采食量均显著增加[11]，与 SO 和 FO 相比，棕榈油可提高肉仔鸡的免疫机能[12]，饲粮添加以棕榈油为主的油脂，可提高十二指肠的绒毛高度与隐窝深度的比值，改善肉仔鸡小肠组织形态[13]，以 CO 为脂肪源，可提高营养物质消化率[14]，从而促进肉仔鸡生长。

3.2　不同油脂对肉仔鸡屠宰性能的影响

本试验中 CO 组肉仔鸡的胸肌率在 21 日龄较低，可能是由于 BW 增加而骨骼比例较高，肉仔鸡在生长前期主要为骨骼的生长和发育，CO 促进了骨骼生长，从而导致胸肌比例略低。而 42 日龄时，FO 组胸肌率显著降低，可能与其易氧化，生长性能显著降低有关。这与 Navidshad[7]的研究结果一致，饲粮中分别添加 7.0%SO、7.0%FO、3.5%SO 和 3.5%FO 的混

合油脂，肉仔鸡的 ADG、BW 和胸肌率在 7.0%FO 组显著下降，与血浆 TG 含量在 7.0%FO 组显著降低有关，EPA 和 DHA 可降低 TG 合成过程中酶的活性[15]，降低脂肪沉积。

3.3　不同油脂对肉仔鸡肌肉品质的影响

滴水损失是反映肌肉系水能力的量化指标。肌肉的 pH 与动物肌肉糖原含量及降解速度有关[16]，是影响系水力的主要因素。屠宰后，肌肉从有氧代谢转化为无氧酵解，乳酸的产生和沉积致 pH 快速下降，引起肌肉蛋白质变性，影响肌肉品质[17]。同时，肌肉品质与其氧化状态有关，肌肉氧化和抗氧化的平衡状态决定脂类和蛋白质氧化的稳定性[18-19]，蛋白质的氧化变性会降低脂肪酸的消化利用率，影响肉品质[20]。本试验中，LO 组 $pH_{45\ min}$ 显著升高，表明短时间内，肌肉品质较好。LO 组 ΔpH 显著升高，且滴水损失稍有增加，一方面由于 $pH_{45\ min}$ 较高所致，另一方面，肉仔鸡肌肉中 PUFA 沉积增加，肌肉更易被氧化，放置 24 h 后，无氧酵解增加，乳酸生成增多，使得 ΔpH 增加，降低了肌肉的系水力。此外，LO 和 FO 组肌肉肉色均得到改善，肌肉 a^*值增加，L^*值降低，可能是 PUFA 与肌肉肌红蛋白分子的氧化抗性有关。鲜肉的红色与肌肉中的肌红蛋白的种类、数量和化学性质有关[21]，但动物体内的物质如过氧化物、羟自由基等，均可诱发亚铁（Fe^{2+}）肌红蛋白氧化形成高铁（Fe^{3+}）肌红蛋白，降低肉色[22]。CO 增加了肌肉滴水损失和 ΔpH，恶化了肉色（L^*值、b^*值升高，a^*值降低）和肉品质，可能与 SFA 对肌纤维的类型和能量代谢的影响有关。肌纤维类型及其组成决定肌肉的能量代谢方式，氧化型肌纤维含量高，酵解型肌纤维含量低，肉质较好。研究表明，SFA（主要成分是棕榈酸）与 UFA（主要成分是亚油酸）相比，氧化型肌纤维比例在 SFA 组显著降低，肉品质降低[23]。而且，饲粮添加以棕榈油为主的配比油脂，与添加 SO 相比，肉仔鸡胸肌 24 和 48 h 的滴水损失均显著增加[11]，与本试验结果一致。可见，饲粮添加 CO 后，肉仔鸡的肉品质较差。

3.4　不同油脂对肉仔鸡血浆脂质代谢指标的影响

本试验中LO降低了血浆TG、TC和LDL-C含量，与李志琼[24]的研究结果一致。研究表明，

α-亚麻酸可降低蛋鸡血清和肝脏中的TG、TC和LDL-C含量，其主要通过改变血浆和肝脏中载脂蛋白（apo-B）含量，降低乙酰辅酶羧化酶（ACC）和HMG-CoA还原酶（HMGR）的活性，限制胆固醇和TG的合成。FO对血浆TG、TC和LDL-C的含量均无显著影响，与Royan等[25]的研究结果相似，但也有研究表明，饲粮中添加7.0%FO可降低肉仔鸡血浆TC含量[7]，随着FO（0~2%）添加量的增加，肉仔鸡血清TC、LDL-L含量显著下降，HDL-L含量上升[26]，产生上述差异的原因可能是剂量和FO品质的不同。而Safamehr等[27]研究表明，随着FO添加量（0~4%）的增加，TC的含量在饲喂7 d后显著降低，而饲喂42 d后TC、TG和LDL-L的含量并没有显著下降，表明FO对肉仔鸡脂质代谢的影响在生长早期效果明显，而后期并无显著影响。本试验中，CO组血浆HDL-C含量显著增加，可能是由于TC含量增加的缘故，同时LDL-C含量也相应增加。CO的SFA含量较高，饲粮中添加SFA，大鼠血清的TC和LDL-C含量均显著增加，这可能与SFA降低胆固醇7α-羟化酶（$CYP7A_1$）的表达量阻止胆固醇代谢有关[8]，且研究表明，肉仔鸡血浆中TC的含量与饲粮中PUFA的含量成反比，与SFA的含量成正比[28]。

3 结　论

与饲喂SO相比，CO不影响肉仔鸡的生长性能，但肉色较差，且系水力不佳；FO降低了肉仔鸡的生长性能和肌肉系水力，但肉色较好；LO对肉仔鸡的生长性能无不良影响，可改善肉仔鸡的肉色，且提高血浆脂质代谢水平。因此，LO可广泛应用于肉仔鸡的生产，FO和CO单独饲喂会影响肉仔鸡的生长性能或肉品质，使用时应注意添加剂量或考虑与其他油脂混合使用。

参考文献：

[1] KROGDAHL Å.Digestion and absorption of lipids in poultry[J].Journal of Nutrition,1985,115(5):675–685.

[2] SCHWALFENBERG G K.Omega-3 fatty acids:their beneficial role in cardiovascular

health[J].Canadian Family Physician,2006,52(6):734–740.

[3] LUCIANO G,MOLONEY A P,PRIOLO A,et al.Vitamin E and polyunsaturated fatty acids in bovine muscle and the oxidative stability of beef from cattle receiving grass or concentrate-based rations[J].Journal of Animal Science,2010,89(11):3759–3768.

[4] UCHEWA E N.Fatty acid content and carcass quality of broiler chicken fed diet formulated with saturated and unsaturated oils[J].International Journal of Agriculture Innovations and Research,2013,2(2):221–228.

[5] SAEZ G,BAÉZA E,BERNADET M D,et al.Is there a relationship between the kinetics of lipoprotein lipase activity after a meal and the susceptibility to hepatic steatosis development in ducks?[J].Poultry Science,2010,89(11):2453–2460.

[6] ALPARSLAN G,OZDOGAN M.The effects of diet containing fish oil on some blood parameters and the performance values of broilers and cost efficiency[J].International Journal of Poultry Science,2006,5(5):415–419.

[7] NAVIDSHAD B.Effects of fish (*Clupeonella cultriventris*,Caspian sea originated) oil supplement on the serum lipoproteins and production of ω-3 fatty acids enriched broiler meat[J].Journal of Veterinary Research,2013,68(4):405–414.

[8] 时皎皎.不同膳食脂肪酸构成对大鼠脂质代谢的影响及其分子机制研究[D].硕士学位论文.重庆:第三军医大学,2007.

[9] DAS G B,HOSSAIN M E,AKBAR M A.Effects of different levels of fish oil supplementation on performance of broilers[J].Iranian Journal of Applied Animal Science,2015,5(2):377–384.

[10] 林媛媛.不同油脂对不同品种肉鸡生产性能及肌肉品质影响的研究[D].硕士学位论文.南昌:江西农业大学,2003.

[11] 安文俊.日粮中添加不同配比油脂对肉鸡生产性能、肉品质及脂肪代谢影响的研究[D].

硕士学位论文.南京:南京农业大学,2010.

[12] DAS G B,AHAD A,HOSSAIN M E,et al.Effect of different oil supplements on humoral immune response and lipid profile in commercial broiler[J].Pakistan Veterinary Journal,2014,34(2):229–233.

[13] 寇涛,董丽,安文俊,等.日粮中不同油脂对肉鸡小肠组织形态的影响[J].中国粮油学报,2014,29(1):72–77.

[14] 杨颖,张铁涛,岳志刚,等.饲粮脂肪源对育成期水貂生长性能和营养物质消化代谢的影响[J].动物营养学报,2014,26(2):380–388.

[15] RUSTAN A C,NOSSEN J Ø,CHRISTIANSEN E N,et al.Eicosapentaenoic acid reduces hepatic synthesis and secretion of triacylglycerol by decreasing the activity of acyl coenzyme A:1,2-diacylglycerol acyltransferase[J].Journal of Lipid Research,1988,29(11):1417–1426.

[16] BENDALL J R,SWATLAND H J.A review of the relationships of pH with physical aspects of pork quality[J].Meat Science,1988,24(2):85–126.

[17] FLETCHER D L,QIAO M,SMITH D P.The relationship of raw broiler breast meat color and pH to cooked meat color and pH[J].Poultry Science,2000,79(5):784–788.

[18] LUCIANO G,PAUSELLI M,SERVILI M,et al.Dietary olive cake reduces the oxidation of lipids,including cholesterol,in lamb meat enriched in polyunsaturated fatty acids[J].Meat Science,2013,93(3):703–714.

[19] GRAVADOR R S,JONGBERG S,ANDERSEN M L,et al.Dietary citrus pulp improves protein stability in lamb meat stored under aerobic conditions[J].Meat Science,2014,97(2):231–236.

[20] LUND M N,HEINONEN M,BARON C P,et al.Protein oxidation in muscle foods:a review[J].Molecular Nutrition & Food Research,2011,55(1):83–95.

[21] 程志斌,苏子峰,廖启顺,等.肌红蛋白影响畜禽活体肌肉和宰后鲜肉肉色的研究进展[J].中国畜牧杂志,2009,45(21):56–60.

[22] 王玮,汤祥明,金邦荃.高铁肌红蛋白含量和高铁肌红蛋白还原酶活性与冷鲜肉肉色稳定性关系的研究[J].食品科学,2008,29(7):94–97.

[23] 任阳.饱和与不饱和脂肪酸对猪肌纤维组成的影响及其AMPK途径研究[D].博士学位论文.杭州:浙江大学,2014.

[24] 李志琼.α-亚麻酸对产蛋鸡脂质代谢及蛋黄胆固醇沉积的影响及其机理[D].博士学位论文.雅安:四川农业大学,2007.

[25] ROYAN M,MENG G Y,OTHMAN F,et al.Effects of dietary conjugated linoleic acid,fish oil and soybean oil on body-fat deposition and serum lipid fractions in broiler chickens[J].African Journal of Biotechnology,2013,12(51):7133–7137.

[26] 刘卫国.不同油脂组合对鸡肉n-3多不饱和脂肪酸富集的影响[D].硕士学位论文.郑州:河南农业大学,2010.

[27] SAFAMEHR A,AGHAEI N,MEHMANNAVAZ Y.The influence of different levels of dietary fish oil on the performance,carcass traits and blood parameters of broiler chickens[J].Research Journal of Biological Sciences,2008,3(10):1202–1207.

[28] DURAISAMY K,SENTHILKUMAR M,MANI K.Effect of saturated and unsaturated fat on the performance,serum and meat cholesterol level in broilers[J].Veterinary World,2013,6(3):159–162.

Effects of Different Oils on Growth Performance, Carcass Quality and Meat Quality in Broilers

ZHANG Yanan　QI Bo　ZHANG Haijun*　WANG Jing　WU Shugeng*　QI Guanghai

(Key Laboratory of Feed Biotechnology of Ministry of Agriculture, Feed Research Institute,

*Corresponding authors: ZHANG Haijun, associate professor, E-mail: fowlfeed@163.com; WU Shugeng, associate professor, E-mail: wushugeng@caas.cn

（责任编辑　陈　燕）

Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, *China)*

Abstract: The current study was aim to investigate the effects of diet supplemented different oils on growth performance, carcass quality, meat quality and plasma lipid metabolism in broilers. Three hundred and sixty 1-d-old healthy male Arbor Acres broilers were randomly assigned to 4 groups fed 4 diets supplemented with soybean oil (SO, control), chicken oil (CO), linseed oil (LO) and fish oil (FO), respectively. The supplemental level of oil was 3.0% during starter phase (1 to 21 days of age) and 3.5% during later phase (22 to 42 days of age), respectively. The results showed as follows: 1) body weight at 42 days of age and average daily gain (ADG) in later phase and whole phase in broilers of FO group were significantly decreased compared with SO and CO groups (P<0.05). 2) Compared with SO group, breast muscle percentage of CO group at 21 days of age was significantly decreased (P<0.05), however that of FO group at 42 days of age was significantly decreased (P<0.05). 3) Compared with SO group, drip loss of CO and FO groups was significantly increased (P<0.05); $pH_{45\ min}$ and ΔpH of CO and LO groups were significantly increased (P<0.05); light intensity value after 45 min of slaughter （$L^*_{45\ min}$） of CO group was significantly increased (P<0.05), while $L^*_{45\ min}$ and $L^*_{24\ h}$ values of FO group were significantly decreased (P<0.05); red value after 45 min of slaughter ($a^*_{45\ min}$) of LO and FO groups was significantly increased (P<0.05), but $a^*_{24\ h}$ value in broilers fed CO was significantly lower (P<0.05); yellow value after 45 min of slaughter ($b^*_{45\ min}$) and $b^*_{24\ h}$ value of CO and LO groups were significantly higher (P<0.05), and $b^*_{24\ h}$ value of FO group was significantly increased (P<0.05). 4) Total cholesterol (TG) content in plasma of LO group at ages of 21 and 42 days was significantly lower than that of CO group. Compared with SO group, triglyceride (TC) and low density lipoprotein cholesterol (LDL-C) contents in plasma at age of 42 days of LO group were significantly decreased (P<0.05); high density lipoprotein cholesterol (HDL-C) content at age of

42 days of CO group was significantly higher (P<0.05). Therefore, comparison with SO, growth performance in broilers fed CO is not affected but the meat color is lower and drip loss are higher; better meat color, lower growth performance and higher drip loss of muscle are obtained in broilers fed FO; LO has no effect on the growth performance of broilers, can regulate the plasma lipid metabolism, and improve meat color.

Key words: lipid oil; growth performance; meat quality; broilers